


**PROJECTION OPTICAL DEVICE**

**Patent number:** JP9304733  
**Publication date:** 1997-11-28  
**Inventor:** OSAWA SATOSHI  
**Applicant:** MINOLTA CO LTD  
**Classification:**  
- **international:** G02B27/18; G03B21/00; G09F9/00  
- **european:**  
**Application number:** JP19960120104 19960515  
**Priority number(s):**

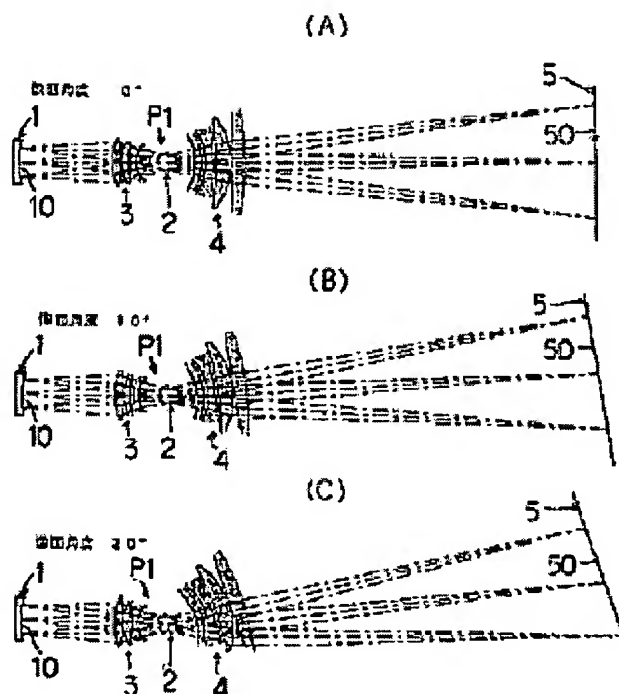
**Also published as:**

 JP9304733 (A)

**Abstract of JP9304733**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact and inexpensive projection optical device which projects the image of an object surface provided by a film image or a video image on a screen and which can easily rotate the object surface or an image surface in a state where the aberration compensation circumstances of a final image surface and image magnification are kept constant.

**SOLUTION:** This projection optical device projecting the image of the object surface 10 on the screen 5 is equipped with a projection optical system P1 including a diaphragm 2, a lens group 3 on the object surface side from the diaphragm 2 and a lens group 4 on the image surface side from the diaphragm 2. Then, the lens group 4 is provided so that it can be rotated and decentered with the diaphragm 2 as center. By rotating and decentering the lens group 4, the image surface 50 is rotated in a state where the image distortion of the final image surface 50 is kept nearly constant.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-304733

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/18			G 0 2 B 27/18	Z
G 0 3 B 21/00			G 0 3 B 21/00	D
G 0 9 F 9/00	3 6 0		G 0 9 F 9/00	3 6 0 K

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-120104

(22) 出願日 平成8年(1996)5月15日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

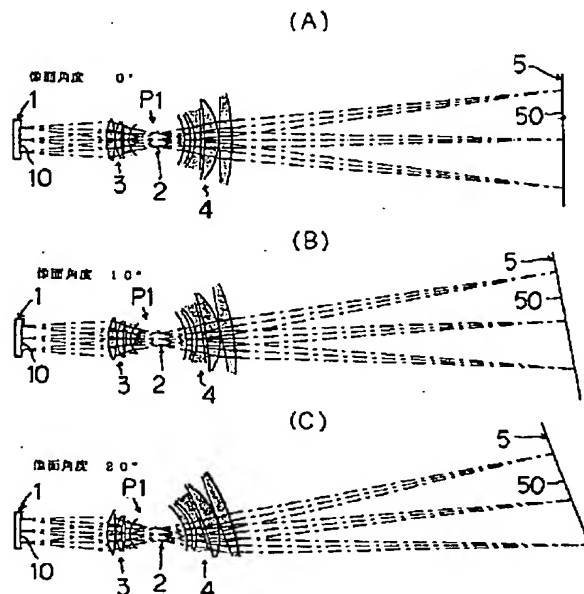
(74) 代理人 弁理士 谷川 昌夫

(54) 【発明の名称】 投影光学装置

(57) 【要約】

【課題】 フィルム画像、ビデオ画像等により提供される物面の画像をスクリーン上に投影する投影光学装置であって、物面又は像面を、最終像面の収差補正状況や像倍率を一定に維持した状態で容易に回転することができるコンパクトで安価な投影光学装置を提供する。

【解決手段】 物面10の画像をスクリーン5上に投影する投影光学装置であって、絞り2並びに該絞りより物面側のレンズ群3及び絞り2より像面側のレンズ群4を含む投影光学系P1を備え、レンズ群4が絞り2を中心に回転偏心可能に設けられており、該レンズ群4を回転偏心させることで最終像面50の像歪みをほぼ一定に維持したまま像面50を回転させることができる投影光学装置。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 物面の画像をスクリーン上に投影する投影光学装置であって、絞りと並びに該絞りより物面側の1又は2以上のレンズ群及び該絞りより像面側の1又は2以上のレンズ群を含む光学系を備え、前記複数のレンズ群の一部が回転偏心可能に設けられており、該回転偏心可能なレンズ群を回転偏心させることで最終像面の像歪みをほぼ一定に維持したまま物面又は像面を回転させることができることを特徴とする投影光学装置。

【請求項2】 回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であり、その回転中心は該レンズ群による前記絞りの像の位置にある請求項1記載の投影光学装置。

【請求項3】 回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であって前記絞りに隣合うレンズ群であり、その回転中心はほぼ該絞りの位置にある請求項1記載の投影光学装置。

【請求項4】 回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であり、該レンズ群はほぼ $f-\theta$ 特性を有している請求項1、2又は3記載の投影光学装置。

【請求項5】 前記絞りに隣合う物面側のレンズ群及び前記絞りに隣合う像面側のレンズ群が該絞り側から見ていずれもほぼ $f-\theta$ 特性を持つレンズ群であり、それら両レンズ群のうち一方が像面回転のための回転偏心可能なレンズ群である請求項1記載の投影光学装置。

【請求項6】 回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であり、該レンズ群はほぼアフォーカル系のレンズ群である請求項1、2又は3記載の投影光学装置。

【請求項7】 物面又は像面の回転のためのレンズ群の回転とともに物面を平行移動させることができるように構成した請求項1から6のいずれかに記載の投影光学装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明はフィルム画像、ビデオ画像等により提供される物体面をスクリーン上に投影する投影光学装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 フィルム画像、ビデオ画像等により提供される物体面をスクリーン上に投影する投影光学装置はこれまで種々開発されてきたが、近年、スクリーン上の像面を視界の妨げ無く、又は視界の妨げ少なく見ることができるよう配置したスクリーンに対して斜めに画像投影する方式が提案されるに至っている。

【0003】 しかしスクリーンに対し斜めに画像投影するときは、投影画像にいわゆる台形歪みが生じるので、これを補正する様々の提案がなされている。例えば、特開平3-113432号公報は、投射レンズに補正光学系及び補正光学系駆動装置を設け、この補正光学系を投

射レンズの光軸に対し、垂直方向に平行偏心させる等により偏心させることで故意に偏心歪曲収差を発生させ、これにより台形歪みを補正できるとしている。

【0004】 また、特開平3-141337号公報は、投射レンズの一部のレンズを偏心駆動する手段を設け、この駆動手段により投射レンズのうち少なくとも二つのレンズを駆動偏心させることで偏心歪曲収差を発生させ、これにより最終スクリーン上の画像の台形歪みと原点移動を補正できるとしている。さらに、特開平5-100312号公報は、液晶表示等により画像を表示するライトバルブとスクリーンを互いに平行に、且つ、投射光学系の光軸に対して互いに反対方向にずれるように配置し、投射レンズを大画角の広角レンズで構成して、該広角レンズの画角の一部を使うことにより、歪曲のない投射画像を得られるとしている。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】 前述の特開平113452号公報及び特開平3-141337号公報記載の光学系においては、近軸的に発生する台形歪みを偏心歪曲収差で打ち消して補正しようとしている。しかしながら、両公報に記載されている台形歪みは、物高Hに比例して発生している一方、偏心歪曲収差はHの2乗に比例する量であるため、斜め投影される投影角度が大きい領域では、画角が広いレンズに対して台形歪みを画面全域で良好に補正することが困難である。

【0006】 また、前述の特開平5-100312号公報記載の光学系においては、画角が非常に広い広角レンズが必要となるため、FNo. が小さい暗いレンズとなってしまうという問題点がある。さらに、前記各公報記載の斜め投影光学装置では、斜め投影による台形状の像の歪みをレンズの偏心により補正しているが、物面、像面及び偏心レンズ群のその位置においてのみ収差が補正されるだけである。しかし、斜め投影光学装置等の投影光学装置においては、装置製造上の調節作業において像面及び（又は）物面の傾きを変更する必要が生じることがあり、また、傾斜角度可変なスクリーンを採用した投影光学装置において、スクリーンの傾き変更に合わせて像面及び（又は）物面の傾き変更が必要となることがある。このとき、かかる従来投影光学装置では、像の歪みの補正や、像倍率をほぼ一定のままとして像面や物面の角度を変化させたいとき、光学装置における複数の光学ブロックを回転及び（又は）平行移動等複雑に動かす必要があり、このための移動機構が複雑になったり、移動量の大きな光学ブロックが生じて収差補正が困難となったり、光学装置全体が大きくなりコストがかかり過ぎるといった問題がある。かかる装置の大型化は、近年のスクリーンを含めた投影光学装置全体のコンパクト化、低コスト化の要請に応えられない。

【0007】 そこで本発明は、フィルム画像、ビデオ画像等により提供される物面の画像をスクリーン上に投影

する投影光学装置であって、物面又は像面を、最終像面の収差補正状況をほぼ一定に維持した状態で容易に回転することができるコンパクトで安価な投影光学装置を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は前記課題を解決するため、物面の画像をスクリーン上に投影する投影光学装置であって、絞り並びに該絞りより物面側の1又は2以上のレンズ群及び該絞りより像面側の1又は2以上のレンズ群を含む光学系を備え、前記複数のレンズ群の一部が回転偏心可能に設けられており、該回転偏心可能なレンズ群を回転偏心させることで最終像面の像歪みをほぼ一定に維持したまま物面又は像面を回転させることができることを特徴とする投影光学装置を提供する。

【0009】この投影光学装置によると、物面又は像面回転のための回転偏心可能なレンズ群を含む光学ブロックの単純な回転偏心を行うだけで、物面又は像面を、最終像面の収差補正状況や像倍率を一定に維持した状態で容易に回転することができる。回転偏心可能な前記レンズ群は物面を回転させるレンズ群であっても、像面を回転させるレンズ群であってもよいが、像面を回転させるレンズ群の場合、その回転中心を、該レンズ群による前記絞りの像の位置とすることができ、この構成によると、光軸上、光軸外の各光線の対称点が見かけの絞り位置になるため像面回転に伴う像の劣化が抑えられる。

【0010】また、像面回転のためのレンズ群が前記絞りに隣合うレンズ群であって、その回転中心がほぼ該絞りの位置にある例を挙げることができる。この構成によると、光軸上の光線と光軸外の光線の高さの差を小さくでき、像面回転のためのレンズ群の有効径を小さくすることができ、それだけ投影光学装置をコンパクト化できる。

【0011】また、いずれにしても、回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であるとき、該レンズ群として、ほぼ $f-\theta$ 特性を有するものを採用することが考えられる。このようにすると、該レンズ群への光線入射角度と像高に比例関係が成り立つため、像面回転のためのレンズ群を通過した光線により形成される像面を回転して $f-\theta$ 特性を持つレンズ群への光線入射角度変化に伴う一定値だけ全ての像点位置が移動するだけであり、各像点の相対位置関係は不変であり、従って像の歪みが変わらないで像面だけが回転する。

【0012】また、前記絞りに隣合う物面側のレンズ群及び前記絞りに隣合う像面側のレンズ群を該絞り側から見ていずれもほぼ $f-\theta$ 特性を持つレンズ群とし、該両レンズ群のうち一方を像面回転のための回転偏心可能なレンズ群とすることも考えられる。この場合、 $f-\theta$ レンズ群について絞り側からの光線入射角度と像高に比例関係が成り立つので、絞り側の光線の角度が変化してもそれに対応する像高の関係が変化しない。このことによ

りいずれかの $f-\theta$ レンズ群を回転偏心させても像高における倍率関係の変化は小さく抑制され、像面を回転させても台形歪みは少なく済む。特に絞り位置を中心とした該レンズ群の回転偏心においては、台形歪みをほぼ抑えることができる。このような光学系においては、 $f-\theta$ レンズ群を絞り位置を回転中心として回転させるという単純なレンズ群の移動で、台形歪み、像面湾曲、コマ収差等の諸収差の補正状況を維持したまま像面を回転することができる。さらにこの回転方向を含む平面（レンズ群を回転偏心させた場合の全レンズ系の対称平面）と像面の交わる直線上でもっとも良く像の歪みがとれることからスキャンレンズ系のように直線状の像を歪みなく得たい場合に特に有利である。

【0013】さらに、回転偏心可能な前記レンズ群が像面回転のためのレンズ群であるとき、該レンズ群をほぼアフォーカル系のレンズ群とすることも考えられる。このように像面回転を行うレンズ群をほぼアフォーカル系とした場合では、アフォーカル系の特徴として入力像面がアフォーカル系レンズ群の光軸に対して傾いている場合、出力像面が入力像面の傾き角 $\times$ アフォーカル系レンズ群の倍率で傾くことが知られており、この性質を利用して簡単な構成で像面を回転することが可能となる。さらに像面回転のためのアフォーカル系レンズ群の回転中心位置をアフォーカル系レンズ群より物面側のレンズ群をアフォーカル系レンズ群側から見た瞳位置とすることで、該アフォーカル系レンズ群を回転させた場合でも該アフォーカル系レンズ群に対する入射光の瞳が移動しないので、コマ収差や共軸系での歪曲収差の変化量が抑えられ、良好な投影性能を維持できる。

【0014】また、以上説明した投影光学系では、物面又は像面の回転において、物面又は像面の回転とともに像面中心の位置の平行移動が生じるが、これを防ぐために、物面又は像面の回転のためのレンズ群の回転とともに物面を平行移動させることができるように構成してもよく、これより像面中心位置の移動を防ぐことが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1から図4は本発明の投影光学装置の1例に関係している。図1は本発明投影光学装置の1例の投影光学系におけるレンズ群の概略断面図であり、図2は該投影光学系を有する投影光学装置の概略構成とその光路を示す図である。図3は物面における物点から出る光線がスクリーン上の像面を切る点を示すスポット図であり、図4はスクリーン上の投影歪曲像（実線で示す像）と歪みの無い理想像（破線で示す像）を示す図である。

【0016】この投影光学装置は、図1及び図2に示すように、拡大投影されるべき物面10を提供する画像表示装置1と、投影光学系P1と、最終像面50形成のた

めのスクリーン5とを備えている。物面10はここでは一辺40mmの四角形物面(格子パターン)である。投影光学系P1は、絞り2と、絞り2に隣合わせてその前後に配置したレンズ群3、4とを備えている。

【0017】物面10側のレンズ群3及び像面50側のレンズ群4はそれぞれf- $\theta$ レンズ群であり、物面側のレンズ群3は表示装置1での物高(表示装置1上の物面10における物点の位置)と絞り2側の出射角度(出射光がレンズ群3の光軸となす傾角)が比例しており、像面側のレンズ群4は像面側での像高(最終像面50における像点の位置)と入射角度(入射光がレンズ群4の光軸となす傾角)が比例するように配置され、入射光の中心を回転中心として回転可能に設けられている。

【0018】すなわち、レンズ群4は、絞り2を含む平面とレンズ群4の光軸との交点(ここでは絞り2は円形なので、絞りの中心)を通り、後記するZ軸と平行な軸の周りに図示しない簡単安価に済む駆動手段により絞り2とともに回転偏心でき、その回転により像面50を回転させることができる。また、スクリーン5は、レンズ群4との相対的位置関係を一定に維持してレンズ群4と一体的に絞り中心周りに回転可能に設けられており、それにより傾斜角度が可変となっている。

【0019】レンズ群3及びレンズ群4並びに物面10及び像面50に関する諸元は表1に示す通りである。表1において、「r1...r6、r7...r14」は、図1に示すように、レンズ31~33、41~44におけるレンズ表面を示しており、「曲率半径」は各レンズ表面の曲率半径(単位mm)であり、ここでは、光線進行方向に対し凸面を「正」、凹面を「負」で表示している。また、「軸上面間隔」は隣合うレンズ面間の、及びレンズ面と絞り間の光軸上の間隔(単位mm)であり、「屈折率」は、隣合うレンズ面間(最像面側のレンズ面についてはその後ろ)及びレンズ面と絞り間の各物質の屈折率であって、これが1.00000は、そこにレンズがなく、その物質が空気であることを意味する。

【0020】絞りの物面側及び像面側の各面の曲率半径

は無限大( $\infty$ )であり、これも絞り半径(単位mm)とともに表1に示してある。また、表1において「レンズ群3」、「レンズ群4」、「物面10」、「像面50」の表示欄に示されるX、Y、Zの数値は、レンズ群3欄については最も物面側のレンズ面r1の面頂点の、そしてレンズ群4欄については絞り2の中心の(X、Y、Z)座標位置、並びに物面10、像面50の各中心の(X、Y、Z)座標位置を示している。この例及び後ほど説明する他の例においても、(X、Y、Z)座標におけるX軸は最も物面10に近いレンズの面頂点(図1に示す例ではレンズ31の面r1の面頂点)を原点としてそのレンズの光軸方向(光進行方向に正)であり、Y軸はX軸に垂直な縦方向軸であり、Z軸はX軸、Y軸の双方に垂直方向(ここでは紙面に垂直方向)の軸である。また、「ANG」は、レンズ群3と、絞り2を含めたレンズ群4についてのX軸に対する回転偏心角度(単位度)を示し、物面、像面については、X軸に対する傾斜角度を示している。表1では、これら角度はいずれも図中時計回りを「正」としている。

【0021】また、物面の欄において、ymax、yminは物面のY軸方向のエリアを、zmax、zminは物面のZ軸方向のエリアを示している。なお、表1ではレンズ群4及び像面50(スクリーン5)のANG(傾斜角度)は0°(図2(A)の状態)であるが、これはレンズ群4及びスクリーン5の回転偏心により例えば後記の表2並びに図2(B)及び(C)に示すように10°、20°というように変更可能である。

【0022】表2において、「grp.4 ANG」はレンズ群4の回転偏心角度を、「IMG.X IMG.Y、IMG.Z」はレンズ群4の回転角度に対応する像面50の中心の(X、Y、Z)座標位置を、「IMG.ANG」は像面50(スクリーン5)の傾斜角度(像面角度)をそれぞれ示している。

【0023】

【表1】

レンズ群 3				
	X	Y	Z	ANG
	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	曲率半径		軸上面間隔	屈折率
r 1	80.622		12.702	1.76500
r 2	-207.716		0.544	1.00000
r 3	57.486		9.073	1.76500
r 4	137.219		4.536	1.00000
r 5	-227.078		7.349	1.51100
r 6	33.679		0.000	1.00000
レンズ群 4				
	X	Y	Z	ANG
	77.754	0.00000	0.00000	0.00000
	曲率半径		軸上面間隔	屈折率
絞り 2	∞	(絞り半径10.000)	39.982	1.00000
r 7	-90.695		9.796	1.75600
r 8	-82.199		6.357	1.00000
r 9	-77.101		9.596	1.75600
r 10	-469.473		4.878	1.00000
r 11	-415.372		20.991	1.75600
r 12	-107.691		1.639	1.00000
r 13	2557.741		18.751	1.75600
r 14	-349.002		0.000	1.00000
物面 1 0				
	X	Y	Z	ANG
	-129.700	0.00000	0.00000	0.00000
		y <sub>max</sub>	y <sub>min</sub>	z <sub>max</sub>
		20.0000	-20.0000	20.0000
				z <sub>min</sub>
				-20.0000
像面 5 0				
	X	Y	Z	ANG
	683.583	0.00000	0.00000	0.00000

【0024】

【表2】

像面角度	grp4.ANG	IMG.X	IMG.Y	IMG.Z	IMG.ANG
0°	0.000	683.583	0.000	0.000	0.000
10°	-10.000	686.632	35.726	0.000	-10.000
20°	-20.000	696.861	70.367	0.000	-20.000

【0025】最終像面50での歪曲率は後記表3に示ようになる。表3において「物高」は、前記のX軸が物面10を通る点を原点として、そこから物点までのY軸方向の距離及びZ軸方向の距離（いずれも単位mm）で座標表示している。また、「像高」は、物面中心（0、0）よりの光線が像面50を通る点を原点として、XY平面と像面50の交わる直線をy軸（Y軸正方向を像面50に投影した方向が正）、y軸に垂直な軸をz軸（紙面手前方向が正）として、（y、z）座標で求め、理想像高は（y、z）、歪曲ありの像高は（y+dy、z+dz）としている。

dy/rがy軸方向の歪曲率であり、dz/rがz軸方向の歪曲率である。r=√(y<sup>2</sup>+z<sup>2</sup>)である。なお、歪曲率を求めるために用いた歪曲有りの像高は各物高の物点に対するスポットダイアグラムの重心点である。各物高の物点に対するスポットダイアグラムは図3に示すとおりである。また、スクリーン5上の投影画像は図4に示すとおりである。

【0026】

【表3】

像面角度	0°		10°		20°	
物高 (mm)	$dy/r$	$dz/r$	$dy/r$	$dz/r$	$dy/r$	$dz/r$
(20, 0)	-0.0050	0.0000	-0.0060	0.0000	-0.0005	0.0000
(-20, 0)	0.0050	0.0000	0.0048	0.0000	0.0060	0.0000
(20, 20)	-0.0077	-0.0077	0.0007	-0.0198	0.0155	-0.0379
(0, 20)	0.0000	-0.0050	0.0115	-0.0103	0.0240	-0.0259
(-20, 20)	0.0077	-0.0077	0.0157	0.0026	0.0245	-0.0051

【0027】表3に示す歪曲率及び図4から、この投影光学装置によると台形歪みと歪曲収差が十分補正された最終投影画像が得られることが判る。また、スクリーン5の傾斜にあわせてレンズ群4を回転偏心させても、かかる補正状況を略一定に維持できることが判る。さらに図4から倍率も略一定に維持できることが判る。

【0028】次に図5から図8を参照して本発明に係る投影光学装置の他の例について説明する。図5はこの投影光学装置の投影光学系におけるレンズ群の概略断面図であり、図6は該投影光学系を有する投影光学装置の概略構成とその光路を示す図である。図7は物面における物点からでる光線がスクリーン上の像面を切る点を示すスポット図であり、図8はスクリーン上の投影歪曲像（実線で示す像）と歪みの無い理想像（破線で示す像）を示す図である。

【0029】この投影光学装置は、先に説明した装置と同様に、投影されるべき物面100を提供する画像表示装置1aを有し、さらに投影光学系P2と、最終像面90形成のためのスクリーン9とを備えている。物面100は一辺20mmの四角形物体面（格子パターン）である。投影光学系P2は、絞り20と、該絞りを含み該絞り前後に配置したレンズからなるレンズ群6と、さらにレンズ群6とスクリーン9との間に配置したレンズ群7とを備えている。

【0030】レンズ群7はアフォーカル系レンズ群であり、このレンズ群は、図示しない簡単安価に済む駆動手段により、該レンズ群側からレンズ群6を見た瞳位置を中心に回転可能に設けられており、その回転により像面90を回転させることができる。スクリーン9も図示しない駆動手段により傾き角度可変に設けられている。

【0031】レンズ群6及び7並びに物面100及び像面90に関する諸元は前掲の表1と同様にして表4に示

すとおりである。表4において、「 $r1 \cdots r6, r7 \cdots r12, r13 \cdots r18$ 」は、図5に示すように、レンズ61～63、レンズ64～66、レンズ71～73におけるレンズ表面を示している。絞り20は曲率半径無限大( $\infty$ )であり、これも絞り半径（単位mm）とともに表4に示してある。

【0032】また、表4においても「レンズ群6及び7」、「物面100」、「像面90」の表示欄に示されるX、Y、Zの数値は、レンズ群6、7における最も物面側のレンズ面の面頂点（図示例では $r1$ と、 $r13$ の面頂点）の（X、Y、Z）座標位置、並びに物面100、像面90の各中心の（X、Y、Z）座標位置を示している。また、「ANG」は、レンズ群6、7についてはレンズ群6及びレンズ群7のX軸に対する傾角（単位度）を示し、物面100、像面90については、X軸に対する傾斜角度を示している。

【0033】また、物面の欄において、 $y_{max}$ 、 $y_{min}$ は物面のY軸方向のエリアを、 $z_{max}$ 、 $z_{min}$ は物面のZ軸方向のエリアを示している。なお、表4ではレンズ群7及び像面90（スクリーン9）のANG（傾斜角度）は0°（図6（A）の状態）であるが、これはレンズ群7の回転偏心により例えば後記する表5並びに図6（B）に示すように6.687°というように変更可能である。

【0034】表5において、「grp.7 ANG」はレンズ群7の回転偏心角度を、「IMG.X IMG.Y、IMG.Z」はレンズ群7の回転角度に対応する像面90の中心の（X、Y、Z）座標位置を、「IMG.ANG」は像面90（スクリーン9）の傾斜角度（像面角度）をそれぞれ示している。

【0035】

【表4】

レンズ群 6					
	X	Y	Z	ANG	
	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
	曲率半径			軸上面間隔	屈折率
r 1	36.045			9.500	1.70000
r 2	118.267			8.000	1.00000
r 3	-45.391			2.780	1.57800
r 4	40.574			3.000	1.00000
r 5	124.230			6.630	1.70800
r 6	-46.972			9.540	1.00000
絞り 20	∞	(絞り半径7.00000)		19.400	1.00000
r 7	148.242			19.890	1.70800
r 8	-307.921			12.000	1.00000
r 9	-120.049			8.3400	1.57800
r 10	161.098			24.000	1.00000
r 11	-423.472			28.500	1.70000
r 12	-109.096			—	1.00000

レンズ群 7					
	X	Y	Z	ANG	
	20.0000	0.00000	0.00000	0.0000	
	曲率半径			軸上面間隔	屈折率
r 13	2487.853			150.000	1.00000
r 14	254.693			10.000	1.70000
r 15	-225.611			25.000	1.00000
r 16	1357.448			5.000	1.70000
r 17	-1616.694			60.000	1.00000
r 18	-171.560			60.000	1.70000
				0.000	1.00000

物面 100					
	X	Y	Z	ANG	
	-60.700	0.000	0.000	0.000	
		y <sub>max</sub>	y <sub>min</sub>	z <sub>max</sub>	z <sub>min</sub>
		10.0000	-10.0000	10.0000	-10.0000

像面 90					
	X	Y	Z	ANG	
	3634.560	0.000	0.0000	0.000	

【0036】

【表5】

像面角度	grp7.ANG	IMG.X	IMG.Y	IMG.Z	IMG.ANG
0°	0.000	3634.560	0.000	0.000	0.000
6.687°	-10.000	3590.690	216.520	0.000	6.687

【0037】最終像面90での歪曲率は表6に示すようになる。なお、各物高の物点に対するスポットダイアグラムは図7に示すとおりである。また、スクリーン9上の投影画像は図8に示すとおりである。

【0038】

【表6】

像面角度	0°		6.687°	
	dy/r	dz/r	dy/r	dz/r
物高 (mm)				
(10, 0)	-0.0009	0.0000	-0.0484	0.0000
(-10, 0)	0.0009	0.0000	0.0359	0.0000
(10, 10)	-0.0013	-0.0013	-0.0343	-0.0067
(0, 10)	0.0000	-0.0009	-0.0026	-0.0057
(-10, 10)	0.0013	-0.0013	0.0244	-0.0012



【0039】表6に示す歪曲率及び図8から、この投影光学装置によると台形歪みと歪曲収差が十分補正された最終投影画像が得られることが判る。また、スクリーン9の傾斜にあわせてレンズ群7を回転偏心させても、かかる補正状況を略一定に維持できることが判る。さらに図8から倍率も略一定に維持できることが判る。

【0040】図9は、図2に示す投影光学装置において、像面回転による像中心位置の移動を抑えるため、物面10を図示しない駆動手段により像面回転に応じて平

行移動できる投影光学装置を示しており、光学系P1の絞りやレンズ群は図1に示すものと同じで、物面10の中心を例えば以下の表7のように平行移動することで像面中心の移動を抑えることができる。なお、表7において、「OBJ.Y」は物面10のY軸方向に沿う平行移動量を示している。

【0041】

【表7】

像面角度	grp4.ANG	IMG.X	IMG.Y	IMG.Z	IMG.ANG	OBJ.Y
0°	0.000	683.583	0.000	0.000	0.000	0.000
10°	-10.000	686.632	35.726	0.000	-10.000	10.000
20°	-20.000	696.861	70.367	0.000	-20.000	20.000

【0042】

【発明の効果】以上説明したように本発明によると、フィルム画像、ビデオ画像等により提供される物面の画像をスクリーン上に投影する投影光学装置であって、物面又は像面を、最終像面の収差補正状況や像倍率を一定に維持した状態で容易に回転することができるコンパクトで安価な投影光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る投影光学装置の1例における投影光学系のレンズ群の概略断面図である。

【図2】図1に示す投影光学系を有する投影光学装置の概略構成とその光路を示す図であり、図(A)、図(B)及び図(C)は像面の傾斜角度が0°、10°、20°の場合を示している。

【図3】図2に示す装置において物面における物点から出る光線がスクリーン上の像面を切る点を示すスポット図であり、図(A)、図(B)及び図(C)は像面の傾斜角度が0°、10°、20°の場合を示している。

【図4】四角形物体面(格子パターン)のスクリーン上の投影歪曲像(実線で示す像)と歪みの無い理想像(破線で示す像)を示す図であり、図(A)、図(B)及び図(C)は像面の傾斜角度が0°、10°、20°の場合を示している。

【図5】本発明に係る投影光学装置の他の例における投影光学系のレンズ群の概略断面図である。

【図6】図5に示す投影光学系を有する投影光学装置の概略構成とその光路を示す図であり、図(A)及び図(B)は像面の傾斜角度が0°、6.687°の場合を示している。

【図7】図6に示す装置において物面における物点から出る光線がスクリーン上の像面を切る点を示すスポット図であり、図(A)及び図(B)は像面の傾斜角度が0

°、6.687°の場合を示している。

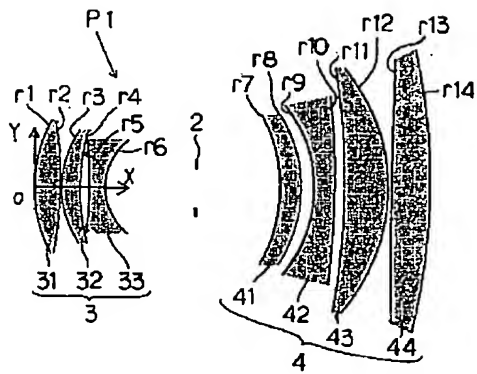
【図8】四角形物体面(格子パターン)のスクリーン上の投影歪曲像(実線で示す像)と歪みの無い理想像(破線で示す像)を示す図であり、図(A)及び図(B)は像面の傾斜角度が0°、6.687°の場合を示している。

【図9】図2に示す投影光学装置において物面を像面回転に応じて平行移動した例を示す図であり、図(A)、図(B)及び図(C)は像面の傾斜角度が0°、10°、20°の場合を示している。

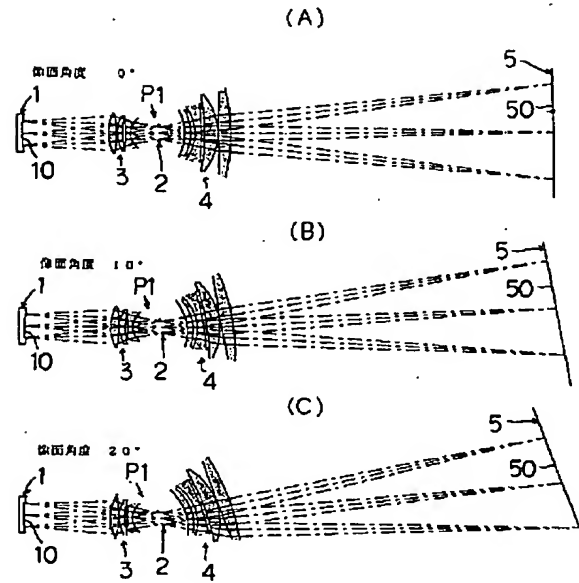
【符号の説明】

- 1 画像表示装置
- 10 物面
- P1 投影光学系
- 2 絞り
- 3、4 f- $\theta$ レンズ群
- 31~33、41~44 レンズ
- r1~r14 レンズ面
- 5 スクリーン
- 50 像面
- 1a 画像表示装置
- 100 物面
- P2 投影光学系
- 20 絞り
- 6 レンズ群
- 61~63、64~66 レンズ
- 7 アフォーカル系レンズ群
- 71~73 レンズ
- r1~r18 レンズ面
- 9 スクリーン
- 90 像面

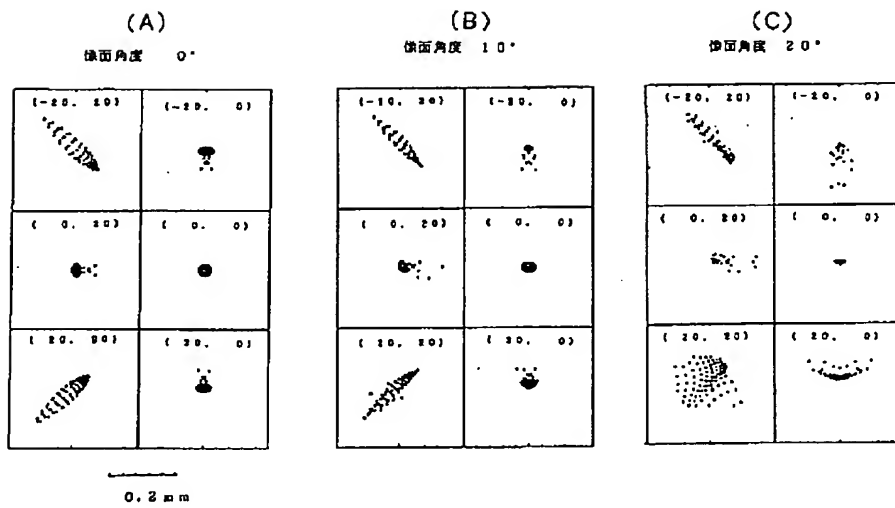
【図1】



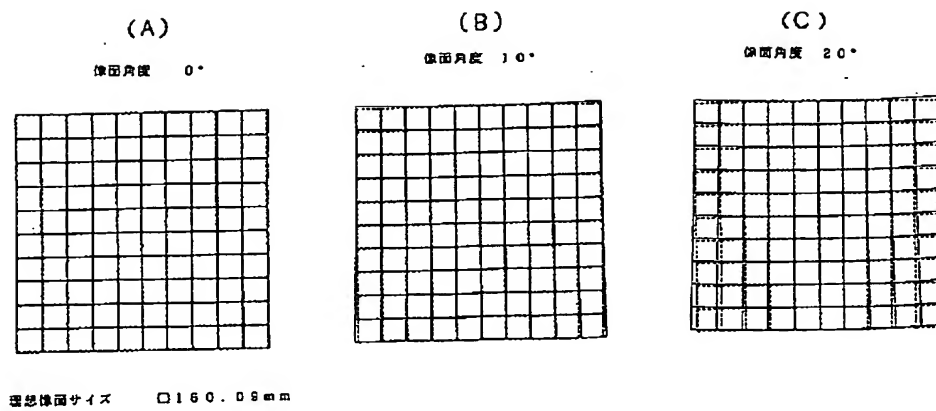
【図2】



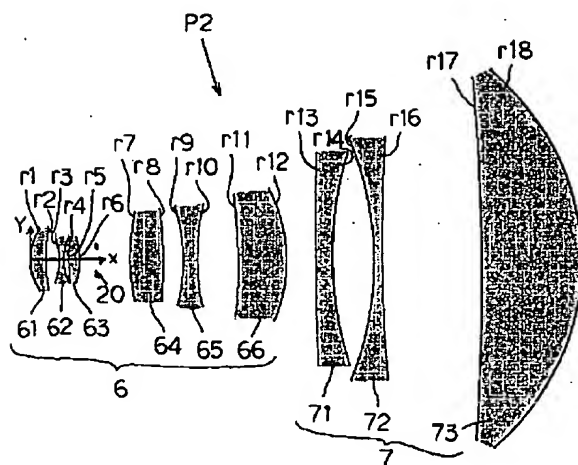
【図3】



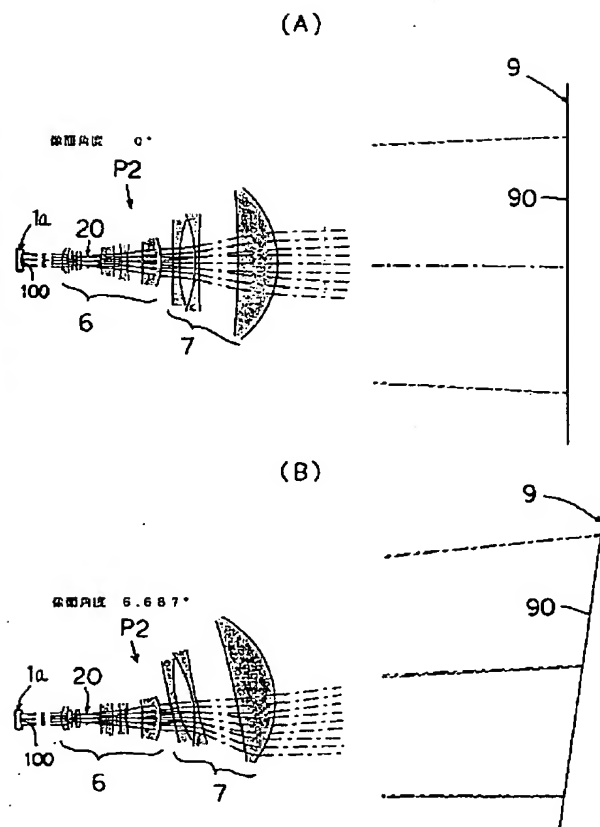
【図4】



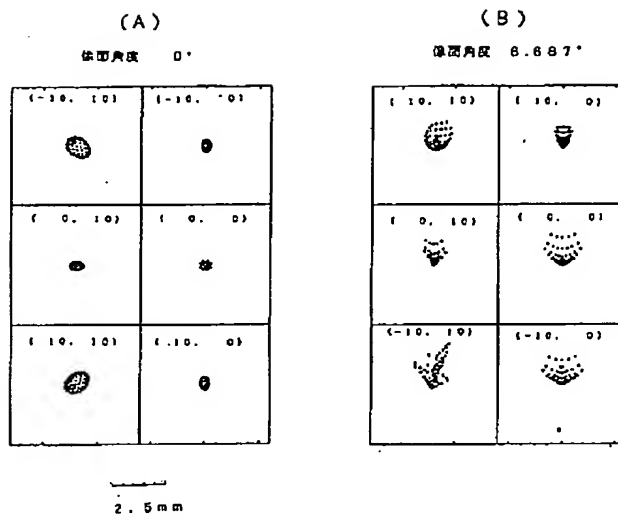
【図5】



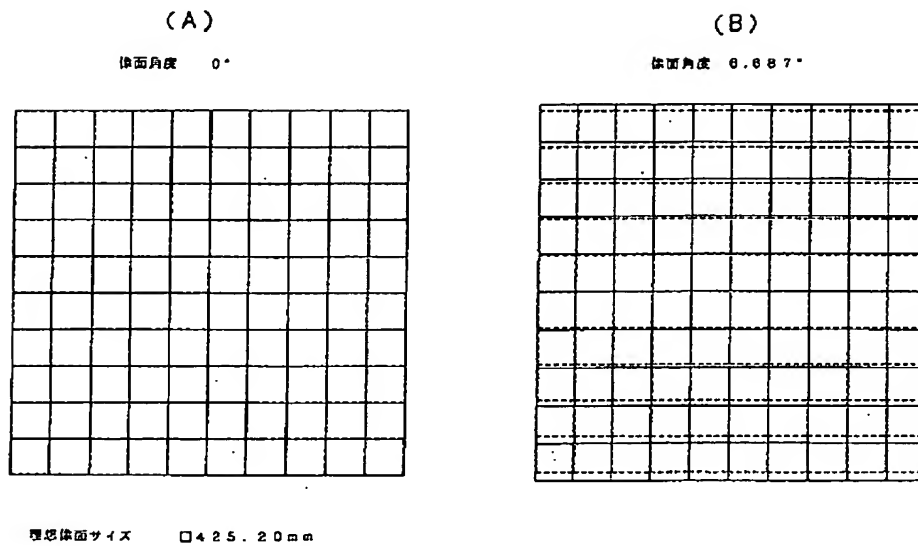
【図6】



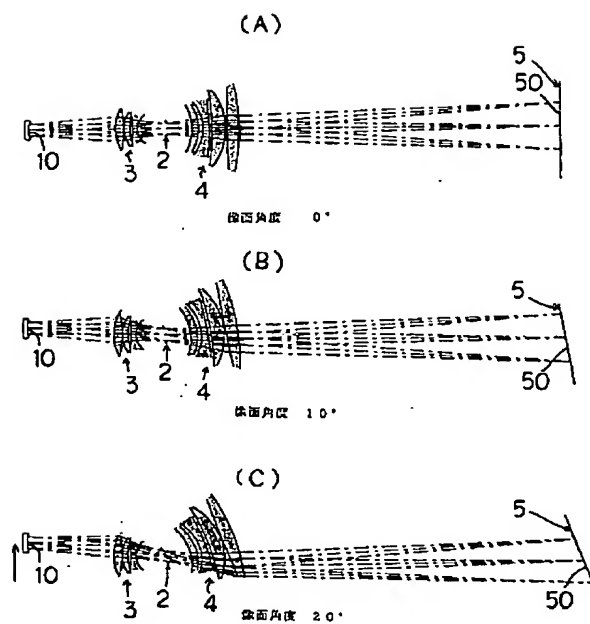
【図7】



【図8】



【図9】



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-282451

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 27/18  
13/08

識別記号

F I

G 0 2 B 27/18  
13/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-86264

(22)出願日 平成9年(1997)4月4日

(71)出願人 00006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

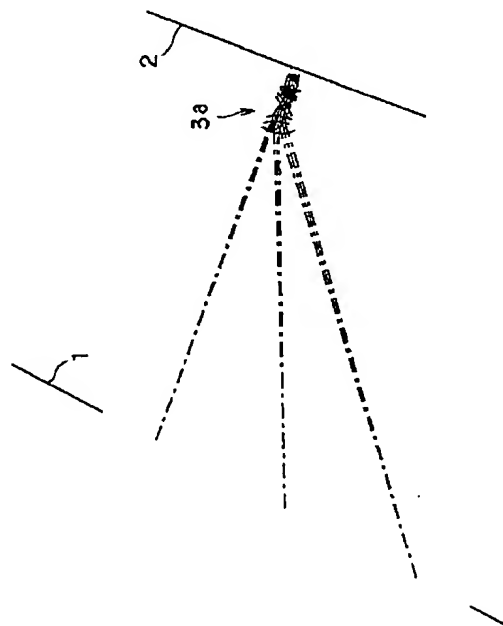
(74)代理人 弁理士 佐野 静夫

(54)【発明の名称】 斜め投影光学系

(57)【要約】

【課題】高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する。

【解決手段】投影レンズ系を構成するレンズ群が互いに偏心して配置されており、中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、絞りの縮小側に隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、1次像面と2次像面のなす角度の絶対値 $|\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足する構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1次像を2次像に拡大或いは縮小して投影する投影レンズ系を有し、該投影レンズ系は、少なくとも2つのレンズ群より構成されていて、該レンズ群は、互いに偏心して配置されており、縮小側像面から拡大側像面まで中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、

絞りより縮小側に、該絞りに隣接して負レンズが配置され、該負レンズより縮小側に少なくとも1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、該拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする斜め投影光学系、

$$|\theta_i - \theta_o| < 10^\circ$$

但し、

$|\theta_i - \theta_o|$  : 1次像面と2次像面のなす角度の絶対値

である。

【請求項2】 前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、該拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も拡大側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過する事の特徴とする請求項1に記載の斜め投影光学系。

【請求項3】 前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする請求項1又は請求項2に記載の斜め投影光学系、

$$Nf < 1.70$$

$$\nu f > 50$$

但し、

$Nf$  : レンズの媒質のd線屈折率

$\nu f$  : レンズの媒質の分散

である。

【請求項4】 前記投影レンズ系において、前記絞りより縮小側で該絞りに隣接する前記負レンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の斜め投影光学系、

$$Nb > 1.65$$

$$\nu n < 35$$

但し、

$Nb$  : 負レンズの媒質のd線屈折率

$\nu b$  : 負レンズの媒質の分散

である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像投影装置や画像読み取り装置に使用される、1次像を斜め方向から2次像に拡大或いは縮小して投影する投影光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、液晶ディスプレイ等に表示された画像をスクリーンに拡大投影する投影装置において、スクリーンの大型化を図りながら投影装置全体をコンパクトにする目的で、画像を斜め方向からスクリーンに投影する装置が種々提案されている。これらの斜め投影光学装置によれば、投影光学系をスクリーンから外して配置する事ができるので、スクリーン観察者の視野を妨げないという利点も備えている。

【0003】但し、画像を斜め方向からスクリーンにただ投影するだけでは、投影画像にいわゆる台形歪が生じてしまうので、この台形歪を補正するための投影光学系も種々提案されている。例えば、特開平5-119283号公報や特開平5-134213号公報では、投影光学系を偏心させる事により、台形歪を補正している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来より提案されている投影光学系では、コンパクト化や高性能化の点で十分な満足が得られなかった。本発明は、高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する事を目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、1次像を2次像に拡大或いは縮小して投影する投影レンズ系を有し、その投影レンズ系は、少なくとも2つのレンズ群より構成されていて、そのレンズ群は、互いに偏心して配置されており、縮小側像面から拡大側像面まで中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、絞りより縮小側に、その絞りに隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に少なくとも1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$|\theta_i - \theta_o| < 10^\circ$$

但し、

$|\theta_i - \theta_o|$  : 1次像面と2次像面のなす角度の絶対値

である。

【0006】また、前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も拡大側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過する構成とする。

【0007】さらに、前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$Nf < 1.70$$

$$nf > 50$$

但し、

$Nf$  : レンズの媒質のd線屈折率

$nf$  : レンズの媒質の分散

である。

【0008】そして、前記投影レンズ系において、前記絞りより縮小側でその絞りに隣接する前記負レンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$Nb > 1.65$$

$$nb < 35$$

但し、

$Nb$  : 負レンズの媒質のd線屈折率

$nb$  : 負レンズの媒質の分散

である。

【0009】

$$|\theta_i - \theta_o| < 10^\circ$$

この式において、 $|\theta_i - \theta_o|$  は1次像面と2次像面のなす角度の絶対値である。この条件式の範囲を外れると、斜め投影により発生する台形歪量が増大するので、それを補正するためにレンズ群の偏心量も増大させなければならない、それにより各レンズ群に入射する光線角度

$$|\theta_i - \theta_o| < 7^\circ$$

この条件式の範囲を満たせば、1次像面と2次像面の角度差によって生じるアナモ比を小さくできるので、投影レンズとしてより有利になり、また、レンズ群の偏心量をより少なくする事ができ、各レンズ群における収差補正が容易になるため、各レンズ群を構成するために必要なレンズの枚数を少なくする事ができ、よりコンパクトで安価にレンズ群を構成する事が可能となる。

【0014】また、構成されるレンズエレメントの少なくとも1つは拡大側に対して回転偏心している事が望ましい。一般的に、非対称な像面湾曲を発生させる能力は、平行偏心より回転偏心の方が大きいので、斜め投影によって発生する非対称な像面湾曲を、回転偏心によれば微小な回転で補正できるのに対して、拡大側像面に平行に偏心させる事で補正する場合、非常に大きく平行偏心したレンズが必要となるため、レンズや鏡胴の製造が

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明では、1次像を斜め方向から2次像に拡大或いは縮小して投影する投影光学系において、互いに偏心した2つ以上のレンズ群を備えるとともに、1次像面から2次像面まで中間実像を結像しない構成とする事により、レンズ群全長をコンパクトにする事を可能にしている。

【0010】また、絞りより縮小側に、絞りに隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に少なくとも1つ以上の正レンズが配置される事が望ましい。この構成をとる事で、レンズバックが長くとれ、且つ、テレセントリックに近くなるため、LCD (liquid crystal display) やCCD (charge coupled device) 等の入出力素子に適合しやすくなる。

【0011】また、最も縮小像面側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、レンズ群の偏心している平面内で拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、より長い道のりのレンズ媒質中を通過するように偏心した構成をとる、即ち、偏心によるプリズムのような働きを持たせる事で、偏心によって発生する像面湾曲を補正する事ができる。さらに最も縮小像面側にあるレンズにおいて、全体としては正のパワーを持つ事が望ましく、正のパワーを持つ事で縮小側においてよりテレセントリックに近い構成をとる事ができ、LCDやCCD等の入出力素子に適合しやすくなる。

【0012】また、以下の条件式を満たす事が望ましい。

$$(1)$$

が大きくなるため、他の収差(コマ収差等)の補正が困難となる。

【0013】さらに、以下の条件式を満たす事がより望ましい。

$$(2)$$

難しくなって、コストアップとなる。

【0015】また、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、レンズ群の偏心している平面内で、拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、より長い道のりのレンズ媒質中を通過するように偏心した構成をとる事で、全体としては負のパワーを持つため、以下に続くレンズへの入射角度を小さくする事ができ、収差補正が容易になるとともに、レトロフォーカスなパワー配置となってレンズバックを長くとる事が可能となる。

【0016】そして、偏心によってプリズムのような働きを併せ持たせる事で、光線が縮小側像面に対して垂直に近づくように曲げる事により、縮小側像面に当たる光



線をより垂直に近づける事ができるので、LCDやCCDがより使用しやすくなる。さらに、最も拡大側にあるレンズには、非球面を用いる事がより望ましく、これにより、レンズ周辺を通過する光線に発生する像面湾曲と

$$Nf < 1.70$$

$$\nu f > 50$$

但し、

Nf：レンズの媒質のd線屈折率

$\nu f$ ：レンズの媒質の分散

である。最も拡大側にあるレンズは、負レンズの役割を持ち、軸から離れた所を光線が通過するので、式(4)

$$Nb > 1.65$$

$$\nu n < 35$$

但し、

Nb：負レンズの媒質のd線屈折率

$\nu b$ ：負レンズの媒質の分散

である。式(5)の条件を外れると、負レンズに必要なパワーを得るための曲率が強くなりすぎるため、球面収差に対応する縦収差と軸外のコマ収差補正が困難になり、式(6)の条件を外れると、縮小像面側に続く正レンズで発生する色収差を補正する事が困難になる。

【0019】また、レンズの各面を、球面又は回転対称軸を持つ非球面、或いは球面又は回転対称軸を持つ非球面の一部から構成する事が望ましい。このような構成をとる事で、レンズの製造時に回転加工によりレンズ面を形成する事ができるため、優れた量産性と低コストを実現する事ができる。

【0020】《第1の実施形態》上記のような条件を満たしたより具体的な実施の形態を以下に示す。図1は、本発明の第1の実施形態の光学系を示す模式図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3aによって、1次像面(物体面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されると考えても良い。図2は、投影レンズ群3a周辺の光路

〈物面OBJ〉(1次像面1)

中心位置...X0=-1160

Y0=0.00000

Z0=0.00000

回転角... $\theta 0=30$

エリアサイズ...Ymax=400, Ymin=-400

Zmax=400, Zmin=-400

〈像面IMG〉(2次像面2)

中心位置...X1=99.1377

Y1=-55.4967

Z1=0.00000

回転角... $\theta 1=21.8812$

【0024】

〈grp1\_1〉

第1面面頂点...X1\_1=-59.7486

Y1\_1=51.2852

コマ収差を偏心により補正する事が容易となる。

【0017】また、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件を満たす事が望ましい。

$$(3)$$

$$(4)$$

の条件を外れると、このレンズで発生する倍率色収差を他のレンズで補正する事が困難になり、式(3)の条件を外れると、像面湾曲補正が困難になる。

【0018】さらに、絞より縮小側で絞りに隣接する負レンズの媒質が、以下の条件を満たす事が望ましい。

$$(5)$$

$$(6)$$

をX-Y面で描いた光路図である。

【0021】投影レンズ群3aは、図3に示すように、拡大側より、2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群(grp1)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群(grp2)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第3レンズ群(grp3)、絞り(grps)、1枚の片面非球面の負レンズからなる第4レンズ群(grp4)、1枚の正レンズからなる第5レンズ群(grp5)、1枚の正レンズからなる第6レンズ群(grp6)、1枚の両面非球面の正レンズからなる第7レンズ群(grp7)より構成されている。

【0022】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図のm記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0023】

【0025】

【0026】

【 0 0 2 7 】

【0028】

【0029】

```
<grp4>  
第1面顶点...X4=27.2377  
Y4=-2.29788  
Z4=0.00000
```

回転角... $\theta 4=20.9200$   
 (曲面の記号) (曲率半径c r) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu$  d)  
 m 4 \_ 1 -28.7924  
 3.68200 1.79504 28.4000  
 m 4 \_ 2 429.261  
 2.00000 1.00000

【0030】

<grp5>  
 第1面頂点...X5=33.0144  
 Y5=-4.91204  
 Z5=0.00000  
 回転角... $\theta 5=24.0712$   
 (曲面の記号) (曲率半径c r) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu$  d)  
 m 5 \_ 1 -74.5811  
 4.38758 1.48749 70.4400  
 m 5 \_ 2 -28.6282  
 0.00000 1.00000

【0031】

<grp6>  
 第1面頂点...X6=38.1066  
 Y6=-5.48701  
 Z6=0.00000  
 回転角... $\theta 6=18.9532$   
 (曲面の記号) (曲率半径c r) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu$  d)  
 m 6 \_ 1 -6204.22  
 7.20000 1.51821 65.1600  
 m 6 \_ 2 -24.2770  
 0.00000 1.00000

【0032】

<grp7>  
 第1面頂点...X7=49.0423  
 Y7=7.04436  
 Z7=0.00000  
 回転角... $\theta 7=19.7831$   
 (曲面の記号) (曲率半径c r) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu$  d)  
 m 7 \_ 1 48.2372  
 7.02884 1.74950 50.0000  
 m 7 \_ 2 64.9145  
 0.00000 1.00000

【0033】

(面係数)  

	a4	a6	a8	a10
非球面m 1 _ 1	1.62665E-06	-2.56008E-10	-1.88562E-15	1.09405E-17
非球面m 1 _ 2	8.49078E-08	-4.35520E-10	4.88129E-13	-1.70444E-16
非球面m 2 _ 1	-1.70323E-06	3.16992E-10	-1.66917E-13	9.56467E-17
非球面m 3 _ 1	-6.36014E-08	8.37176E-11	-4.92968E-14	1.48230E-17
非球面m 4 _ 1	-1.34575E-05	-1.31158E-08	-1.33412E-10	-7.70981E-14
非球面m 7 _ 1	-1.09605E-06	2.43506E-10	-6.81077E-13	-2.46167E-16
非球面m 7 _ 2	-1.28095E-06	3.89689E-10	-1.11860E-12	9.00515E-17

【0034】上記コンストラクションデータより、1次 像面と2次像面のなす角度の絶対値は、

$$|\theta_i - \theta_o| = 8.11$$

であり、上記条件式(1)を満たしている事が分かる。

また、

$$Nf = 1.487, \nu f = 70.44$$

$$Nb = 1.795, \nu n = 28.40$$

$$x = f(y, z) = cr^2 / \{1 + (1 - \epsilon c^2 r^2)^{1/2}\} + a_4 r^4 + a_6 r^6 + a_8 r^8 + a_{10} r^{10}$$

(7)

【0036】この式において、

$$r = (y^2 + z^2)^{1/2}$$

$\epsilon$  : 2次曲面パラメータ(本発明においては全ての実施形態について1.0)

$c$  : 曲率(曲率半径 $cr$ の逆数)

$a$  : 非球面の面係数

である。コンストラクションデータに示された面係数をこの式に代入する事により、軸対称非球面が得られる。

【0037】図4は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでの $d$ 、 $g$ 、 $c$ 線のスポットダイアグラムである。図5は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

【0038】《第2の実施形態》図6は、本発明の第2の実施形態の光学系の内、投影レンズ群3b周辺の光路をX-Y面で描いた光路図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3bによって、図示しない1次像面(物面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されとも

〈物面OBJ〉(1次像面1)

中心位置...X0=-1160

Y0=0.00000

Z0=0.00000

回転角... $\theta_0=30$

エリアサイズ...Ymax=400, Ymin=-400

Zmax=400, Zmin=-400

〈像面IMG〉(2次像面2)

中心位置...X1=84.0146

Y1=-30.9784

Z1=0.00000

回転角... $\theta_1=35.7660$

【0042】

〈grp1\_1〉

第1面面頂点...X1\_1=-103.479

Y1\_1=59.7904

Z1\_1=0.00000

回転角... $\theta_{1_1}=19.2058$

〔曲面の記号〕〔曲率半径 $cr$ 〕〔面間隔 $t$ 〕〔 $d$ 線屈折率 $Nd$ 〕〔分散 $\nu d$ 〕

m1\_1 162.318

であり、上記条件式(3)~(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は0.897である。尚、上述の非球面を表す式を以下に示す。

【0035】

良い。

【0039】投影レンズ群3bは、図7に示すように、拡大側より、レンズが2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群( $grp1$ )、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群( $grp2$ )、1枚の片面非球面の正レンズからなる第3レンズ群( $grp3$ )、絞り( $grps$ )、1枚の片面非球面の負レンズからなる第4レンズ群( $grp4$ )、1枚の正レンズからなる第5レンズ群( $grp5$ )、1枚の正レンズからなる第6レンズ群( $grp6$ )、1枚の両面非球面の正レンズからなる第7レンズ群( $grp7$ )より構成されている。

【0040】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図の $m$ 記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0041】

[illegible]

m4\_\_2 120.430  
 2.00000 1.00000  
 【0048】  
 <grp5>  
 第1面面頂点...X5=3.55479  
 Y5=-2.85140  
 Z5=0.00000  
 回転角... $\theta_5=24.9736$   
 (曲面の記号) (曲率半径cr) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu d$ )  
 m5\_\_1 343.033  
 10.0715 1.62041 60.2900  
 m5\_\_2 -40.3070  
 0.00000 1.00000

【0049】  
 <grp6>  
 第1面面頂点...X6=14.0744  
 Y6=-7.81086  
 Z6=0.00000  
 回転角... $\theta_6=23.6965$   
 (曲面の記号) (曲率半径cr) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu d$ )  
 m6\_\_1 -300.805  
 7.00000 1.62041 60.2900  
 m6\_\_2 -32.3919  
 0.00000 1.00000

【0050】  
 <grp7>  
 第1面面頂点...X7=39.9628  
 Y7=12.9572  
 Z7=0.00000  
 回転角... $\theta_7=63.0969$   
 (曲面の記号) (曲率半径cr) (面間隔t) (d線屈折率Nd) (分散 $\nu d$ )  
 m7\_\_1 34.4571  
 13.2270 1.48479 70.4400  
 m7\_\_2 38.2662  
 0.00000 1.00000

【0051】  
 (面係数)  
 a4  
 a6 a8 a10  
 非球面m1\_\_1 3.40434E-06 -1.06193E-09  
 -1.19672E-13 2.58291E-18  
 非球面m1\_\_2 4.22352E-06 -1.14637E-09 9.03502E-13 -4.28219E-16  
 非球面m2\_\_1 1.92590E-07 -2.36251E-10 2.05654E-13 -7.48644E-17  
 非球面m3\_\_1 -5.23005E-07 1.01631E-09 -1.33050E-12 9.61069E-16  
 非球面m4\_\_1 -8.48016E-06 -6.91491E-09 -2.80318E-11 6.95203E-14  
 非球面m7\_\_1 3.25227E-07 -8.98208E-11 5.81389E-14 9.47093E-17  
 非球面m7\_\_2 3.62810E-07 -2.38756E-10 1.89569E-13 -3.94822E-16

【0052】上記コンストラクションデータより、1次 であり、上記条件式(2)を満たしている事が分かる。  
 像面と2次像面のなす角度の絶対値は、 また、  
 $|\theta_i - \theta_o| = 5.77$   $Nf = 1.487$ ,  $\nu f = 70.44$

$N_b = 1.733$ ,  $n = 28.24$

であり、上記条件式(3)～(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は1.000である。

【0053】図8は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでのd, g, c線のスポットダイアグラムである。図9は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

【0054】《第3の実施形態》図10は、本発明の第3の実施形態の光学系の内、投影レンズ群3c周辺の光路をX-Y面で描いた光路図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3cによって、図示しない1次像面(物面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されると考えても良い。

【0055】投影レンズ群3cは、図11に示すよう

〈物面OBJ〉(1次像面1)

中心位置... $X_0 = -1160$

$Y_0 = 0.00000$

$Z_0 = 0.00000$

回転角... $\theta_0 = 30$

エリアサイズ... $Y_{max} = 400$ ,  $Y_{min} = -400$

$Z_{max} = 400$ ,  $Z_{min} = -400$

〈像面IMG〉(2次像面2)

中心位置... $X_1 = 84.2741$

$Y_1 = -41.5221$

$Z_1 = 0.00000$

回転角... $\theta_1 = 32.4562$

【0058】

〈grp1\_1〉

第1面面頂点... $X_{1\_1} = -94.9023$

$Y_{1\_1} = 46.1706$

$Z_{1\_1} = 0.00000$

回転角... $\theta_{1\_1} = 21.7834$

〔曲面の記号〕〔曲率半径cr〕〔面間隔t〕〔d線屈折率Nd〕〔分散nd〕

$m_{1\_1}$  180.350

0.00000

1.64000

58.6100

【0059】

〈grp1\_2〉

第1面面頂点... $X_{1\_2} = -88.7229$

$Y_{1\_2} = 43.6865$

$Z_{1\_2} = 0.00000$

回転角... $\theta_{1\_2} = 20.4102$

〔曲面の記号〕〔曲率半径cr〕〔面間隔t〕〔d線屈折率Nd〕〔分散nd〕

$m_{1\_2}$  45.5627

0.00000

1.00000

【0060】

に、拡大側より、レンズが2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群(grp1)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群(grp2)、絞り(grps)、1枚の片面非球面の負レンズからなる第3レンズ群(grp3)、1枚の正レンズからなる第4レンズ群(grp4)、1枚の正レンズからなる第5レンズ群(grp5)、1枚の両面非球面の正レンズからなる第6レンズ群(grp6)より構成されている。

【0056】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図のm記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0057】

【0061】

【0062】

【0063】

【0064】

〈 g r p 5 〉  
 第 1 面頂点...X5=23.0614  
                   Y5=-5.73616  
                   Z5=0.00000  
 回転角...θ5=15.5245  
 〔曲面の記号〕〔曲率半径 c r 〕〔面間隔 t 〕〔 d 線屈折率 N d 〕〔分散 ν d 〕  
 m 5 \_ 1           -3272.68



		7.00000	1.62041	60.2900
m 5 _ 2	-37.1363			
		0.00000	1.00000	

## 【0065】

&lt;grp6&gt;

第1 面面頂点...X6=44.7786

Y6=15.6405

Z6=0.00000

回転角... $\theta_6=52.7078$ 〔曲面の記号〕〔曲率半径c r〕〔面間隔t〕〔d線屈折率Nd〕〔分散 $\nu d$ 〕

m 6 _ 1	38.9681			
		10.4222	1.74950	50.0000
m 6 _ 2	38.9478			
		0.00000	1.00000	

## 【0066】

〔面係数〕

	a4	a6	a8	a10
非球面m 1 _ 1	3.02129E-06	-1.08565E-09	2.10924E-13	-1.59424E-17
非球面m 1 _ 2	3.48356E-06		3.71028E-10	
	-8.88328E-13	2.99176E-16		
非球面m 2 _ 1	-6.40672E-07		7.25692E-10	
	-9.25753E-13	4.49748E-16		
非球面m 3 _ 1	-4.21130E-06	-2.04360E-08	1.72658E-10	-4.83368E-13
非球面m 6 _ 1	9.85175E-07	-1.67872E-09	1.39183E-12	-3.84829E-16
非球面m 6 _ 2	1.85686E-07	-1.45423E-09	2.07828E-12	-1.16074E-15

【0067】上記コンストラクションデータより、1次像面と2次像面のなす角度の絶対値は、

$$|\theta_i - \theta_o| = 2.46$$

であり、上記条件式(2)を満たしている事が分かる。

また、

$$Nf = 1.640, \nu f = 58.61$$

$$Nb = 1.847, \nu n = 24.51$$

であり、上記条件式(3)～(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は1.000である。

【0068】図12は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでのd、g、c線のスポットダイアグラムである。図13は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

## 【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の光学系を示す模式図。

【図2】本発明の第1の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図3】本発明の第1の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図4】本発明の第1の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図5】本発明の第1の実施形態の光学系の歪曲図。

【図6】本発明の第2の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図7】本発明の第2の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図8】本発明の第2の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図9】本発明の第2の実施形態の光学系の歪曲図。

【図10】本発明の第3の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図11】本発明の第3の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図12】本発明の第3の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図13】本発明の第3の実施形態の光学系の歪曲図。

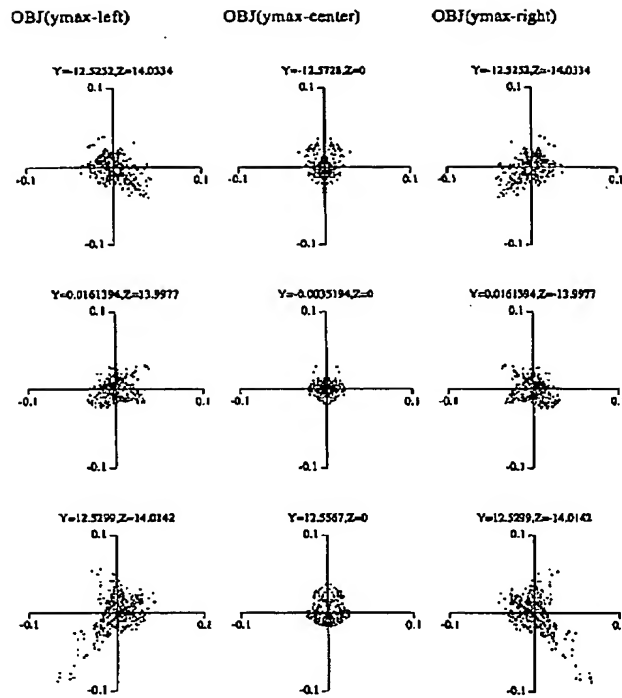
【符号の説明】

1 1次像面

2 2次像面

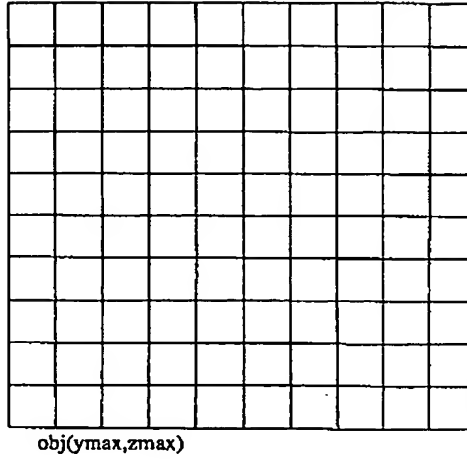
3a～3c 投影レンズ群

【図4】



【図9】

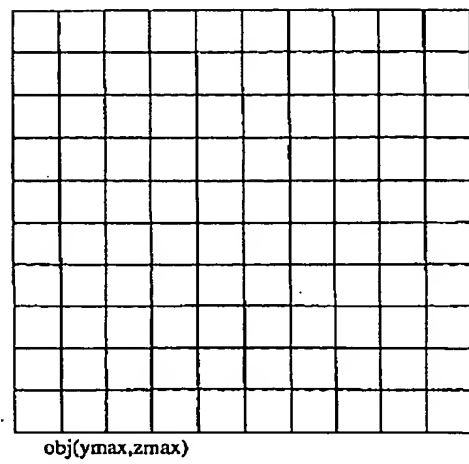
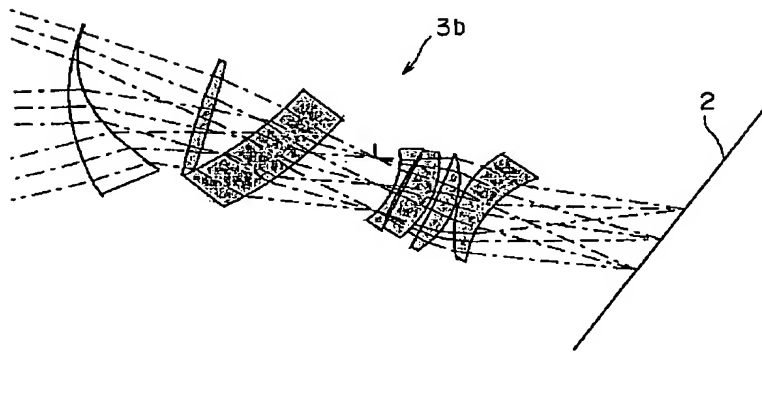
CONST Anamo : 1.00001 = Scale x 4  
Image plane      Y-AXIS  
                    -> Z-AXIS



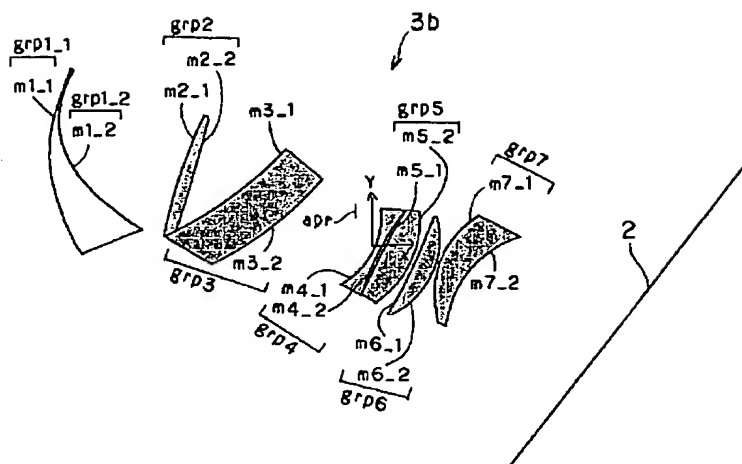
【図13】

CONST Anamo : 1.00014 = Scale x 4  
Image plane      Y-AXIS  
                    -> Z-AXIS

【図6】



【図7】

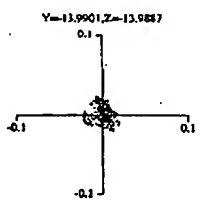
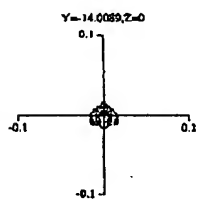
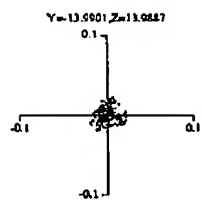


【図8】

OBJ(ymax-left)

OBJ(ymax-center)

OBJ(ymax-right)

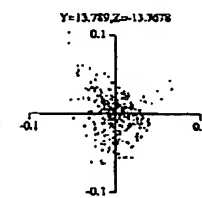
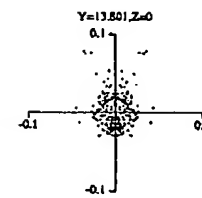
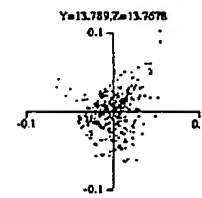
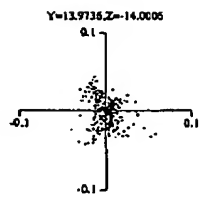
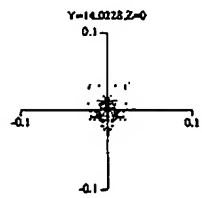
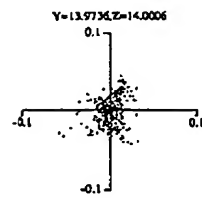
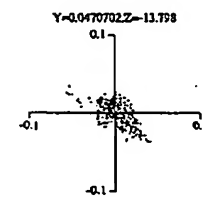
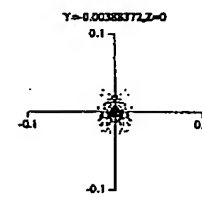
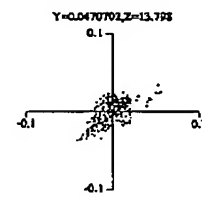
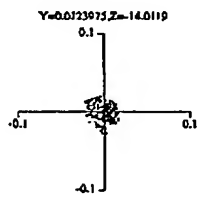
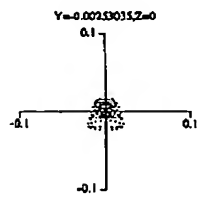
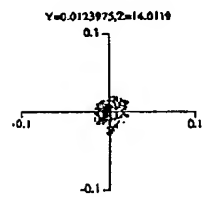
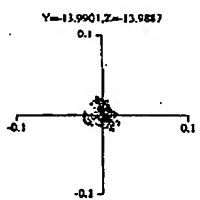
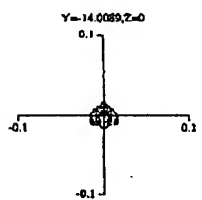
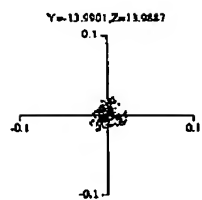


【図12】

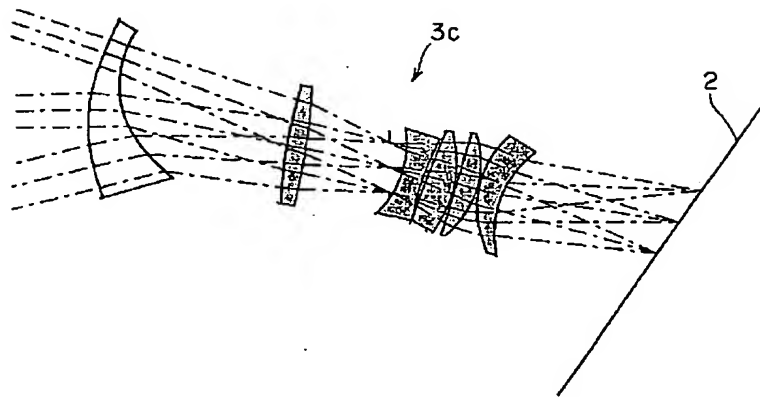
OBJ(ymax-left)

OBJ(ymax-center)

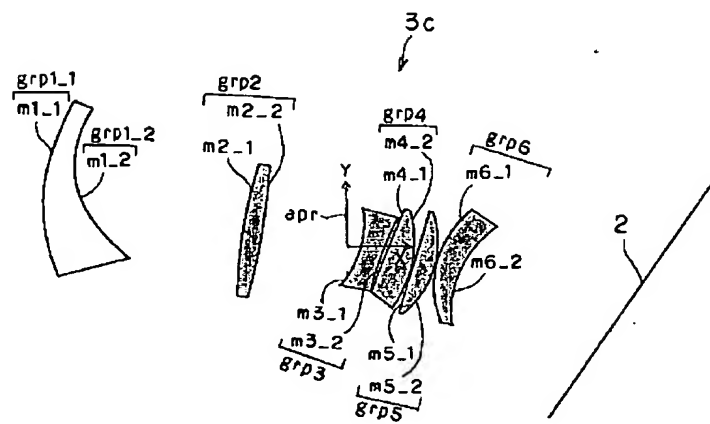
OBJ(ymax-right)



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**